

한국형발사체 추진기관 시험설비 배치 및 구축현황

한영민* · 조남경* · 정용갑* · 김승한* · 유병일* · 이광진* · 김진선* · 김지훈*

Layout and Development Status of Propulsion Test Facilities for KSLV-II

Yeoung-Min Han* · Nam-Kyung Cho* · Young-Gahp Chung* · Seung-Han Kim* ·
Byung-il Yu* · Kwang-Jin Lee* · Jin-Sun Kim* · Jihoon Kim*

ABSTRACT

The design and development status of a combustion chamber test facility(CTF), a turbopump real propellant test facility(TPTF), a rocket engine test facility for 3rd stage engine(SReTF), a rocket engine ground/high altitude test facility(ReTF, HARETF) and a propulsion system test complex(PSTC) for KSLV-II is briefly described. The development/qualification tests of engine component, 3rd stage engine system and 75ton-class liquid rocket engine system will be performed in CTF, TPTF, SReTF, ReTF and HARETF and the development test of 1st/2nd/3rd propulsion systems for KSLV-II will be performed in PSTC. The CTF/TPTF are under construction such as ordering the long delivery items and the detailed design of ReTF/PSTC is being prepared.

초 록

한국형발사체 추진기관 개발을 위한 연소기 연소시험설비, 터보펌프 실매질 시험설비, 3단 엔진 연소시험설비, 엔진 지상 및 고공모사 연소시험설비, 추진기관 시스템 시험설비의 배치 및 구축 현황에 대해 간략히 기술하였다. 연소기, 터보펌프, 엔진 시험설비에서는 3단 엔진 및 75톤급 액체로켓엔진의 부품 및 엔진시스템의 개발 및 인증시험을 수행할 예정이고, 추진기관 시스템 시험설비에서는 한국형발사체 1/2/3단용 추진기관 시스템의 개발 시험을 수행할 예정이다. 현재 연소기 및 터보펌프 시험설비의 경우 장기 납품 품목의 발주 완료 등 구축 중에 있으며, 엔진 및 추진기관 시스템 시험설비의 경우 상세설계를 준비 중에 있다.

Key Words: Combustion Chamber(연소기), Turbopump(터보펌프), Liquid Rocket Engine(액체로켓 엔진), Propulsion System(추진기관 시스템), Test Facility(시험설비)

1. 서 론

우주발사체 추진기관은 엔진을 구성하는 연소기, 터보펌프, 가스발생기, 밸브 및 추진제 공급부품뿐만 아니라 이를 조립한 엔진시스템, 추진제 탱크에서 엔진으로 추진제를 공급하는 공급

* 한국항공우주연구원 한국형발사체개발사업단
연락처자, E-mail: ymhan@kari.re.kr

시스템과 엔진 등을 포함한 추진기관 시스템으로 구성되어 있다.

본 내용은 추력을 발생하는 연소기 및 추진제를 고압으로 공급하는 터보펌프에 대한 시험설비뿐만 아니라 발사체 1단(지상)/2단(고공)/3단 엔진시스템, 1/2/3단 추진기관 시스템 시험설비에 대한 설비 배치[1,2] 및 구축 현황에 대해 소개하였다. 현재 연소기 및 터보펌프 시험설비의 경우 장기 납품 품목의 발주 완료 등 구축 중에 있으며, 엔진 및 추진기관 시스템 시험설비의 경우 상세설계를 준비 중에 있다.

2. 본 론

2.1 한국형발사체 추진기관 시험설비 개요

한국형발사체 추진기관 시험을 위해 우주센터 내 구축 예정된 시험설비는 연소기 연소시험설비, 터보펌프 실패질 시험설비, 3단 엔진 연소시험설비, 엔진 지상연소시험설비, 엔진 고공모사 시험설비, 1단 추진기관 시스템 시험설비 그리고 2/3단 추진기관 시스템 시험설비이다. 각 설비 구축의 목적과 규격은 Table 1에 제시하였다.

2.2 우주센터 내 추진기관 시험설비 배치안

추진기관 시험설비는 고흥 나로우주센터 내의 추진기관 시험부지 및 발사대 근접 부지를 활용하여 구축하고자 한다. 엔진 하부시스템인 연소기 및 터보펌프의 시험설비는 동시 시험이 가능토록 추진기관 시험동 부지 및 장가죽발에 따로 배치하였고, 75톤급 엔진의 지상 및 고공 연소시험설비는 추진기관 시험동 부지에는 배치하였다. 3단 엔진 지상/고공 연소시험설비의 경우, 75톤급 엔진 및 하부시스템 시험과 독립적으로 진행되어야 하므로 안전거리를 확보할 수 있는 장가죽발 근처에 배치하고자 한다. 추진기관 시스템 시험설비(PSTC)는 설비의 안전성, 운영의 효율성 등을 고려한 배치안 도출 및 검토를 수행하고 있다. 연소기, 터보펌프, 엔진 연소시험설비를 함께 구축하는데 추진제 저장설비 및 냉각수 공급 시스템을 공유하여 구축 및 유지 비용을 저감하는 방향으로 설계하고자 한다.

Table 1 Specification of Propulsion Test Facilities

시험설비명	설비의 목적	주요 규격
연소기 연소시험설비	-연소기의 개발을 위한 지상연소시험 수행	-추력대 150ton(Max.) -추진제유량 300kg/s -질소압력 400bar
터보펌프 실패질 시험설비	-터보펌프의 개발을 위한 실패질시험 수행	-추진제유량 300kg/s -터빈유량 18kg/s -공급압력 2~15bar
3단 엔진 연소시험설비	-3단 액체엔진의 개발을 위한 지상/고공 연소시험 수행	-추력대 150ton(Max.) -추진제유량 30kg/s -고공환경모사 55mbar (고도 20km 이상) -초음속 디퓨저 장착
엔진 지상 연소시험설비	-액체엔진의 개발을 위한 지상연소시험 수행	-추력대 150ton(Max.) -추진제유량 300kg/s -공급압력 2~10bar
엔진 고공모사 연소시험설비	-2단 액체엔진의 개발을 위한 고공모사 시험 수행	-고공환경모사 55mbar (고도 20km 이상) -초음속 디퓨저 장착
1단 추진기관 시스템 시험설비	-1단 추진기관 개발/인증을 위한 수류/연소 시험 수행	-1단 추력 300ton 이상 -엔진클러스터링
2/3단 추진기관 시스템 시험설비	-2/3단 추진기관 개발/인증을 위한 수류/연소 시험 수행	-2단 추력 100ton 이상 -3단 추력 10ton 이상 -3단 산화제 탱크 8m ³



Fig. 1 Predicted Locations of Propulsion Test Facilities in NARO Space Center

2.3 75톤급 연소기 연소시험설비

연소기 시험설비는 75톤급 액체로켓엔진 연소기 및 가스발생기의 연소시험을 수행하는 설비로써, 실추진제 액체산소와 케로신을 추진제 탱크에서 연소기로 고압질소로 가압하여 공급하는 설비이다.

Table 2 Specification of Combustion Chamber Test Facility(CTF)

항목	값
추력대	150 tons(Max.)
산화제 유량	200 kg/s
연료 유량	100 kg/s
소음기 물유량	1,200 kg/s
질소가스 저장압력	400 bar(Max.)
산화제 가압압력	250 bar(Max.)
연료 가압압력	300 bar(Max.)
연소 시험시간	135 sec



Fig. 2 연소기 연소시험설비 조감도

Test stand는 2개로 고추력 스탠드에서는 수직 장착 75톤급 연소기의 연소시험을 수행하고 저추력 스탠드에서는 수평 장착 가스발생기와 상단 연소기의 연소시험을 수행할 예정이다. 연소가스의 소음/유해배기가스 저감 및 설비의 냉각을 위한 후처리 시스템을 갖추고 있다.

2.4 75톤급 터보펌프 실매질 시험설비

터보펌프 시험설비는 실추진제인 액체산소와 케로신을 사용하여 75톤급 터보펌프를 시험하는 설비로써 고압/고온의 공기 생성장치를 이용하여 터빈을 구동한다. 터보펌프에 공급하는 추진제의 공급/회수 탱크를 각각 2개씩 설치하고 test stand를 2개 두어 시험을 원활히 이루어지도록 하고자 한다.

연소기 및 터보펌프 시험설비의 경우, 추진제 저장탱크, 고압 가스 탱크, 고압 추진제 런 탱크 등 10개월 이상 장기 납품 품목에 대한 발주를 진행하였고 극저온 고압 밸브 발주 준비 및 제작품에 대한 규격을 도출하는 등 구축을 진행하고 있다.

Table 3 Specification of Turbopump Test Facility(TPTF)

항목	값
TP(추력급)	100 톤급
산화제 유량	200 kg/s
연료 유량	100 kg/s
터빈 가스 공급유량	18 kg/s(Max.)
터빈 입구온도	700 ℃
공기 저장압력	320 bar(Max.)
산화제/연료 가압압력	15/15 bar(Max.)
실매질 시험시간	135 sec



Fig. 4 터보펌프 실매질 시험설비 조감도

2.5 3단 엔진 연소시험설비

3단 엔진 연소시험설비는 한국형발사체 3단 엔진이 가압식에서 터보펌프 방식으로 변경을 고려함에 따라 구축되는 설비이다. 엔진의 지상 및 고공모사 조건에서 시험을 수행하는 설비로써 비행시의 작동 환경과 유사한 상태의 추진제를 공급하게 구축하고자 한다.

Table 4 Specification of 3rd Stage Engine Test Facility(SReTF)

항목	값
추력대	15 tons(Max.)
산화제 유량	20 kg/s
연료 유량	10 kg/s
고압질소/헬륨 압력	400 bar
산화제 가압압력	10 bar(Max.)
연료 가압압력	10 bar(Max.)
고공모사 압력	55 mbar
연소 시험시간	1,000 sec

2.6 75톤급 엔진 지상/고공 연소시험설비

엔진시험설비는 한국형발사체의 1단 및 2단용 엔진을 지상 및 고공모사 조건에서 시험을 수행하는 설비로써 비행시의 작동 환경과 유사한 상태의 추진제를 공급하게 구축하고자 한다. 2단용 엔진을 위한 고공모사 시험설비는 고공환경을

모사하기 위한 엔진 후단 초음속 디퓨저 및 진공 챔버를 가지고 있으며 고도 20km이상 모사가 가능토록 구축하고자 한다. 엔진 시험설비의 겨우 기본설계를 마친 후 상세설계 및 구축에 대한 준비를 하고 있다.

Table 5 Specification of Engine Test Facility(ReTF, HARETF)

항목	값
추력대	150 tons(Max.)
산화제 유량	200 kg/s
연료 유량	100 kg/s
고압질소/헬륨 압력	400 bar
산화제 가압압력	10 bar(Max.)
연료 가압압력	10 bar(Max.)
고공모사 압력	55 mbar
연소 시험시간	280 sec



Fig. 7 3D Modelling of Test Stand for High Altitude Rocket Engine Test Facility(HARETF)

2.7 추진기관 시스템 시험설비

한국형발사체의 각단 1/2/3단 추진기관 시스템의 수류 및 연소시험을 위한 설비로써, 1단의 경우 75톤 4개 엔진을 클러스터링한 추진시스템, 2단의 경우 75톤급 엔진 1개의 추진시스템을 full duration 시험할 수 있도록 구축하고자 한다. 추진기관 시스템 시험설의 기본설계를 마무리 단계이며 상세설계를 준비하고 있다.

3. 결론

한국형발사체 추진기관 개발을 위한 연소기 시험설비, 터보펌프 실매질 시험설비, 3단 엔진 연소시험설비, 엔진 지상/고공 연소시험설비, 추진기관 시스템 시험설비의 배치 및 구축현황에 대해 간략히 기술하였다. 한국형발사체용 액체로켓엔진을 포함한 추진기관의 성공적인 개발을 위해서는 시스템뿐만 아니라 요소부품에 대한

성능 검증 및 인증 시험을 수행할 수 있는 시험설비의 구축이 선행적으로 이루어져야 할 것이다.

Table 6 Specification of Propulsion System Test Complex(PSTC)

항목	값
1단 추력	300 tons 이상
2/3단 추력	100 tons 이상
1단 산화제 탱크	300 m ³
1단 연료 탱크	100 m ³
후처리 물유량	3,000 kg/sec
물저장 용량	800 m ³
액체질소 용기	300 m ³
1단 연소 시험시간	135 sec

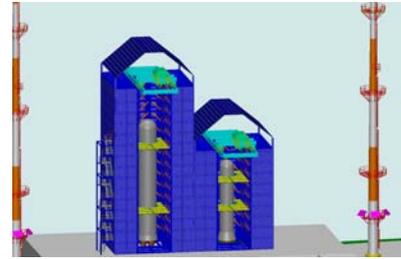


Fig. 8 3D Concept Model of PSTC

참고 문헌

1. 한영민, 조남경, 정용갑, 김승한, 유병일, 이광진, 김진선, 김지훈, "한국형발사체(KSLV-II) 추진기관 시험설비 배치 및 설계," 한국추진공학회 추계학술대회 초록집, 2011. 11, pp.15
2. 한영민, 조남경, 정용갑, 김승한, 유병일, 이광진, 김진선, 김지훈, 김영목, "한국형발사체 추진기관 시험설비 구축에 대한 소개," 한국추진공학회 추계학술대회, 2010. 11, pp.343-348
3. 한영민, 조남경, 정용갑, 김승한, 유병일, 이광진, 김진선, 김지훈, "한국형발사체 액체엔진 연소기 및 터보펌프 시험설비 배치 및 설계에 대한 검토," 한국추진공학회 춘계학술대회, 2011. 04, pp.109-112
4. 한국항공우주연구원, "액체로켓엔진 시험설비 기본설계," 보고서, 2009.5
5. 한국항공우주연구원, "연소기 및 터보펌프 시험설비 설계용역," 보고서, 2009.1